

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Научно-методический журнал
Издается с января 2003 г.
Периодичность издания – 4 раза в год

2012 № 3

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь журнал включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным, техническим (сельскохозяйственное машиностроение) и экономическим (агропромышленный комплекс) наукам

СОДЕРЖАНИЕ

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

А. М. Каган, В. Г. Ракутин. Теоретические основы экономического механизма контроллинга и его формирования на сельскохозяйственных предприятиях	5
Л. И. Дулевич, М. Н. Шаповалова. Обеспечение непрерывности менеджмента качества в зерноперерабатывающей отрасли: от производства сырья до реализации конечной продукции	17
П. В. Ковель. Методология системной оценки окупаемости капитальных вложений в производство сельскохозяйственных предприятий	24

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

В. А. Емелин. Урожайность, стеблеобразующая способность и облиственность растений сильфии пронзеннолистной в зависимости от доз азотного удобрения	37
А. В. Ермоленко, Н. Н. Цыбулько. Зависимость перехода ¹³⁷ CS в растения от водно-физических свойств дерново-подзолистых супесчаных почв	41
Л. А. Кононенко, С. В. Егоров, П. В. Скотников, Л. П. Скотникова. Влияние производных янтарной кислоты на содержание белка в зерне у различных сортов озимой пшеницы	46
В. В. Скорина, Т. В. Сачивко. Биохимический состав и урожайность различных сортов базилика	50
Е. Н. Куликович, Е. И. Чекель. Изучение реакции растений семейства бобовые на действие ионного стресса (H ⁺ и AL ³⁺) в культуре <i>in vitro</i>	55
Н. А. Дуктова, С. В. Егоров, Е. В. Егорова. Критерии идентификации электрофоретического спектра для целей сортового контроля и сертификации	60
О. С. Корзун, С. В. Исаев. Фитометрические параметры посевов и урожайность пайзы в зависимости от условий минерального питания и гидротермических ресурсов вегетационного периода	66
А. В. Свиридов. Метеопатологический долгосрочный прогноз развития церкоспороза свеклы	72
Ю. С. Корнейкова, А. А. Ходянков. Долевое влияние минеральных удобрений, биопрепаратов и плодородия почвы на формирование урожайности семян льна масличного	77
В. Г. Тарануха. Формирование агроценозов сортов сои в зависимости от норм посева	82

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

В. В. Васильев, О. А. Шавлинский. Оценка эксплуатационной надежности современной дождевальной техники	87
П. Н. Фоменко. Организация земель и севооборотов с применением гис-технологий	91
А. В. Колмыков. Общий ретроспективный анализ и перспективы использования земель сельскохозяйственного назначения в Республике Беларусь	97
В. А. Свитин, В. В. Матасева, О. В. Тишкович. Формирование бренда территории как имиджевого ресурса развития сельской местности	104

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, Т. Ф. Перськова. Техничко-экономическыя аспекты дифференцираванага ўнесеньня ўдобраў у сістэме тэчнага земледзяння	110
П. М. Новіцкі, В. В. Кузьмічэв. Тэарэтычэскія дасьледаваньні ўзаемадзейства паветраных патокаў суправаджэньня пры рабоце штанговых апрысківатэляў	116
А. Н. Карташэвіч, В. А. Белоусов, А. В. Кравец, В. С. Товстыка. Дасьледаваньне электрагеамятрычэскіх параметраў сыстэмы кароніраваных электрадаў мадэлі сажэвага электрафільтра	120
С. В. Авсюкевіч, В. Р. Петровец, І. І. Гаврылов. Дасьледаваньні цяговага супраціўленьня двухдыскавага сошніка з усечанна-конуснымі рэбордамі-бороздаафармавальцамі	124
С. Н. Рогачэўскі, М. Ф. Пашкевіч. Мэтыдыка геамятрычэскага расчэту перадачы з тэламі качэньня на чэрвяке	130
Е. І. Мажугін, А. В. Пашкевіч. Рэзультаты ачысткі моўшага рэствора трэхпрадуктовым гідроцыклонам у прадукцыйных умовах	136
В. Р. Петровец, І. С. Сярыков, Н. І. Дудко, А. Н. Шэршнэв. Абаснаваньне параметраў і фармы тэхналягічнай камбінараванай перагородкі двухблочнага пчэлінага ўля	140

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В.Л. Новіцкая. Матывацыя студэнтаў к учыбна-познавальнай дзяельнасьці ў працэсе вучэньня інастранных мазыкоў	150
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

А. П. Курдеко, Т. Ф. Перськова, І. Р. Вільдфлуш. Богдэвіч Іосіф Міхайлавіч (к 75-летью со дня рождэньня)	154
Сведеньня аб аўтарах	157

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, В. А. БЕЛОУСОВ, А. В. КРАВЕЦ, В. С. ТОВСТЫКА
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ
КОРОНИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОДОВ МОДЕЛИ САЖЕВОГО ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА

(Поступила в редакцию 11.06.12)

В статье приведены результаты исследований электро-геометрических параметров системы коронирующих электродов модели сажевого электрофильтра, предназначенного для снижения дымности отработавших газов дизельных двигателей внутреннего сгорания. Приведена схема лабораторной установки и методика исследований. Даны рекомендации по использованию электро-геометрических параметров системы коронирующих электродов при проектировании сажевых электрофильтров отработавших газов автотракторных дизелей.

The article presents results of research into electro-geometric parameters of the system of discharge electrodes of the model of soot electro-filter, designed for the reduction of smokiness of exhaust gases of diesel internal combustion engines. We have shown the scheme of the laboratory device and methods of research. We have given recommendations for the use of electro-geometric parameters of the system of discharge electrodes while projecting soot electro-filters of exhaust gases of auto-tractor diesels.

Введение

Широкомасштабное использование техники в сельском хозяйстве способствует повышению эффективности и производительности труда, однако оно связано и с отрицательными последствиями, уменьшение влияния которых является одной из главных экологических задач в аграрном секторе. Подавляющее количество токсичных веществ, выделяемых при работе тракторов и автомобилей, поступает в атмосферу с отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Это приводит к снижению урожайности и продуктивности животноводства, разрушению строительных материалов, повышенным концентрациям вредных веществ в кабинах автотракторных средств и производственных помещениях. По зарубежным данным, общий ущерб, вызванный загрязнением воздушной среды, в развитых странах составляет десятки миллиардов долларов ежегодно [1, 2].

При существующих тенденциях в развитии инженерно-технического комплекса (технического уровня тракторов и автомобилей, качества топлив и масел, состояния работ по контролю и уменьшению вредных выбросов) его негативное воздействие на окружающую среду через 10–15 лет значительно усилится [3]. Очевидна актуальность и необходимость разработки и внедрения эффективных методов и средств для очистки ОГ ДВС от токсичных элементов, не снижающих топливно-экономических показателей. Для мобильной автотракторной техники наиболее перспективными могут стать электроразрядные и плазмохимические технологии газоочистки, предполагающие установку в системе выпуска двигателя электрофильтра или плазмохимического реактора. Являясь устройствами прямого преобразования энергии, при незначительных энергозатратах они позволяют осуществлять высокую степень очистки ОГ, обеспечивая тем самым как эффективное снижение дымности ОГ, так и уменьшение выбросов газообразных токсичных компонентов.

Анализ источников

Проведенный обзор зарубежной и отечественной технической литературы и патентов, а также рекламных материалов и проспектов показывает, что за последние годы в связи с возросшими требованиями к экологии получили значительное развитие работы по созданию систем и средств очистки ОГ дизельных ДВС от сажи, в том числе сажевые фильтры. Наибольшее развитие указанные разработки получили в таких странах, как США, Япония, Германия. При этом ряд компаний указанных стран уже производят сажевые фильтры и устанавливают их на машины в качестве серийной продукции. Большинство фирм ведет исследовательские работы по созданию новых конструкций фильтров, применению оптимальных фильтрующих материалов, а также по отработке систем регенерации.

Использование сильных электрических полей в средствах фильтрации ОГ от сажевых частиц пока изучено недостаточно, несмотря на то, что данные системы имеют ряд преимуществ, таких как высокая степень очистки (до 99 %) и небольшое газодинамическое сопротивление в системе выпуска ОГ, не изменяющееся в процессе работы устройства.

Эффективная электрическая очистка ОГ от сажевых частиц невозможна без предварительного изучения электро-геометрических параметров системы коронирующих электродов. При расчете конструкций электрофильтров важное значение имеет обоснованный выбор расстояния между осадительными и коронирующими электродами. Из выражения для степени очистки газов следует, что эффективность работы электрофильтра возрастает с уменьшением межэлектродного расстояния [4]. Однако при уменьшении межэлектродного расстояния, во-первых, повышается стоимость электрофильтра и, во-вторых, возрастает влияние неточности установки коронирующих электродов между осадительными

пластинами, неровностей поверхности осадительного электрода, слоя частиц, осажденного на электроде. Это приводит к снижению максимальной напряженности поля, при которой может работать электрофилتر [5, 6]. Чрезмерному увеличению расстояния между коронирующим и осадительными электродами, помимо уменьшения степени очистки, препятствуют трудности, связанные с изготовлением и эксплуатацией источников питания, изоляторов на напряжение свыше 50 кВ. Техничко-экономическое сопоставление всех этих факторов привело к тому, что для промышленных электрофильтров признаны оптимальными и изготавливаются электрофильтры с межэлектродным расстоянием 100-150 мм [7]. Исследование электрических характеристик систем электродов, применяемых в промышленных электрофильтрах, также показали, что относительно тонкие провода диаметром не более 2–3 мм и игольчатые электроды имеют пробивное напряжение, соответствующее постоянной средней напряженности около 20 кВ/см [7, 8]. Таким образом, для указанных выше межэлектродных расстояний пробивное напряжение составляет 150–250 кВ. Однако реальные электрофильтры работают при средней напряженности поля, не превышающей 3–4 кВ/см [9]. Столь сильное снижение напряженности по сравнению с теоретически достижимой объясняется влиянием свойств частиц, находящихся в межэлектродном промежутке и на электродах, и в значительной степени неоднородностью поля на краях, где кончаются осадительные и крепятся коронирующие электроды. Учитывая сильную зависимость эффективности работы электрофильтра от напряженности поля, считаем важной разработку мероприятий по повышению рабочей напряженности электрофильтра и приближению ее к предельной.

Эффективность работы сажевого электрофильтра обусловлена совершенством процесса осаждения частиц в активной зоне электрофильтра. Осаждение охватывает процессы зарядки частиц и их движения к осадительному электроду. Из многочисленных факторов, влияющих на эффективность процесса осаждения, следует выделить особенности конструкции электродов, тепло-физические параметры ОГ и частиц сажи, режим электрического питания. Конструктивные разработки образцов сажевых электрофильтров требуют предварительного экспериментального уточнения их параметров на опытных моделях, которые просты и дешевы в изготовлении и позволяют наилучшим образом наблюдать и регистрировать процессы электрогазоочистки.

Методы исследования

Отсутствие необходимых данных, позволяющих оценить использование электрического поля высокой напряженности при очистке ОГ от сажевых частиц, вызвало необходимость проведения лабораторных исследований на модели сажевого электрофильтра. С целью изучения влияния конструктивных параметров электрофильтра и технологических параметров газа-носителя на эффективность очистки изготовлена лабораторная установка и выполнены экспериментальные исследования.

Схема лабораторной установки с использованием трубчатого осадительного электрода представлена на рис. 1. Основными элементами установки являются: осадительная камера, дозирующее устройство, источник питания и измерительная аппаратура. Осадительная камера состоит из цилиндрического осадительного электрода 1, выполненного из жести толщиной 0,5 мм, и коаксиально с ним расположенного коронирующего электрода 2. Осадительный электрод состоит из двух продольных частей, предусматривающих их демонтаж из корпуса 3 с целью определения высоты слоя осевших частиц. Коронирующий электрод установлен между двумя стержнями-изоляторами 4, которые неподвижно закреплены на штативе 5. Для устранения краевого эффекта по концам коронирующего электрода установлены керамические трубки 6 длиной 30 мм. В корпусе 3 выполнены отверстия и установлены изоляторы с клеммами 7, через которые высокое напряжение подводится к электродам 1 и 2. Получение необходимой концентрации частиц, поступающих в активную зону электрофильтра, обеспечивается дозатором, который также крепится к штативу 5. Внутри бункера-дозатора 8 установлен ротор, обеспечивающий активное высыпание частиц сажи из дозатора и предотвращающий сводообразование и слипание. Ротор приводится во вращение мотор-редуктором 9 (СД-54 127 В, 60 мин⁻¹). В нижней части дозатора установлена выполненная в виде металлического кольца калиброванная вставка 10, позволяющая отмерять необходимое количество дозируемых частиц сажи в единицу времени. Под осадительной камерой установлен сажесборник 11, предназначенный для сбора сажевых частиц, прошедших через активную зону электрофильтра. Для определения эффективности работы при различных значениях скорости газа в активной зоне электрофильтра в установке дополнительно устанавливаются вентилятор 12 (тип ВВФ-112М, Q = 2,3 м³/мин), механический фильтр 13, выравнитель 14 и регулятор потока 18. Скорость газового потока фиксировалась анемометром 19. Высокое напряжение к коронирующим электродам 1 и 2 поступает от пульта управления 15 через источник высокого напряжения 17, преобразованное к мотор-редуктору от источника питания 16.

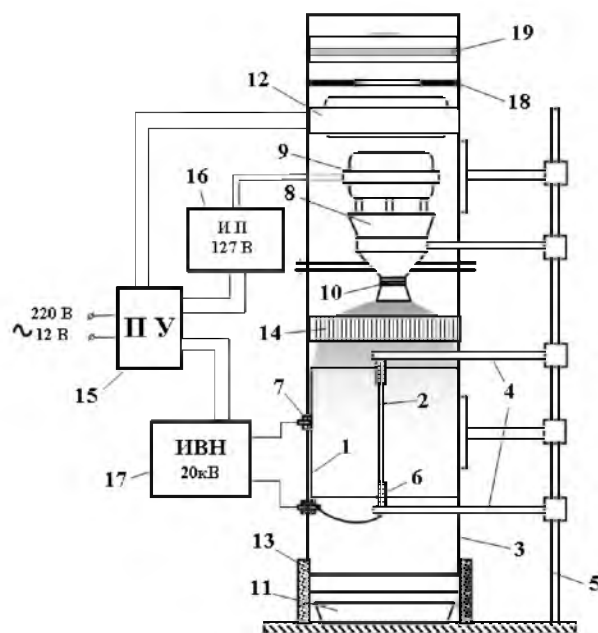


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Эффективность работы и размеры электрофильтра определяются в первую очередь величиной напряженности электрического поля в рабочей зоне и силой проходящего тока. Наилучшим образом изменение указанных параметров можно проследить по вольтамперным характеристикам.

Вольтамперная характеристика в большой степени зависит от расстояния между электродами, формы и диаметра коронирующих электродов, температуры газа, наличия на осадительном электроде слоя частиц. Поэтому проведенные экспериментальные исследования предусматривали выяснение влияния этих показателей на величину напряженности поля и ток разряда. Значения показателей для исследуемой модели электрофильтра выбирались исходя из условий соответствия реальной конструкции сажевого электрофильтра дизеля, т. е. рабочее напряжение до 25 кВ, рабочий диапазон температур 0–400 °С и т. д. В процессе исследований использовали цилиндрические коронирующие электроды диаметром 0,35; 0,8; 0,95; 1,1; 1,35; 1,4; 2,45 мм, игольчатые (56; 267; 420 игл/м, высота игл 3 мм) и штыковой трехгранный электрод (3×3×3 мм). В трубчатом электрофильтре расстояние между электродами определяется диаметром трубы (осадительный электрод). Использовались трубы диаметром 67; 70; 75; 80; 96 мм.

Основная часть

В результате проведения экспериментальных исследований установлена зависимость вольтамперной характеристики от формы и радиуса коронирующего электрода при температуре 15 °С (рис. 2. и рис. 3).

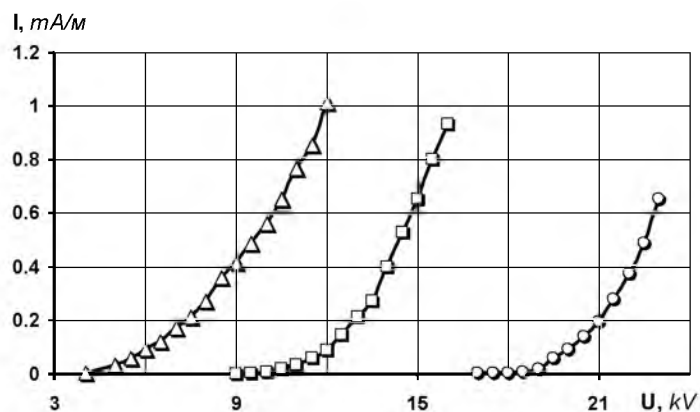


Рис. 2. Вольтамперные характеристики короны для различных типов коронирующих электродов ($R_2 = 33$ мм):

- ▲ — игольчатый (высота игл — 3 мм; шаг — 4 мм);
 - — цилиндрический ($R_1 = 1,225$ мм);
 - — штыковой трехгранный (3×3×3 мм);
- R_1 — радиус коронирующего электрода;
 R_2 — радиус осадительного электрода

Как следует из анализа рис. 2, наивысшее значение начального напряжения и соответственно наименьшие токи наблюдаются для цилиндрического электрода ($U_0 = 17 \text{ кВ}$). Наилучшей, с точки зрения наименьшего начального напряжения ($U_0 = 4 \text{ кВ}$), является характеристика игольчатого коронирующего электрода, которая обеспечивает значительную интенсификацию коронного разряда при одно-временном невысоком значении пробивного напряжения, соответствующего области постоянного пробивного градиента потенциала.

Вольтамперная характеристика коронного разряда для электрода штыкового сечения занимает промежуточное значение между двумя указанными. Необходимо также отметить практически одинаковый характер изменения протекающего тока при увеличении приложенного напряжения для всех типов электродов.

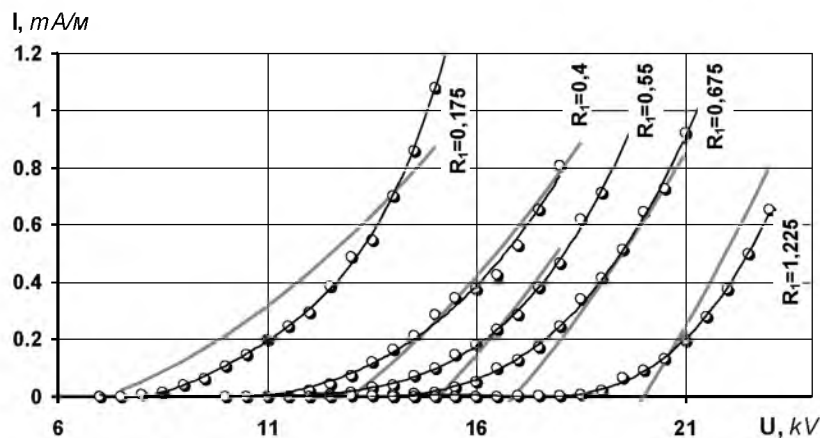


Рис. 3. Вольтамперные характеристики цилиндрических коронирующих электродов различных радиусов ($R_2 = 35 \text{ мм}$): (—) – полученные теоретически; (○—) – снятые опытным путем

Анализ кривых (рис. 3) показывает, что линейная плотность тока при одинаковом напряжении увеличивается с уменьшением радиуса коронирующего электрода. Из исследуемых электродов наименьшее значение начального напряжения зажигания коронного разряда соответствует радиусу 0,175 мм, ($U_0 = 8 \text{ кВ}$), а наибольшее – радиусу 1,225 мм ($U_0 = 18 \text{ кВ}$). Вольтамперные характеристики, полученные теоретически, значительных расхождений с экспериментальными данными не имеют. Вместе с тем необходимо отметить, что сопоставимость теоретических и экспериментальных результатов лучше для электродов меньшего радиуса. Поэтому в дальнейших теоретических и экспериментальных исследованиях модели сажевого электрофильтра в системе электродов по возможности будут использоваться коронирующие электроды меньшего радиуса.

Изменение вольтамперных характеристик определяется не только формой и размером коронирующих электродов, но и межэлектродным расстоянием. На рис. 4 показано, как изменяются вольтамперные характеристики при изменении радиуса осадительного электрода.

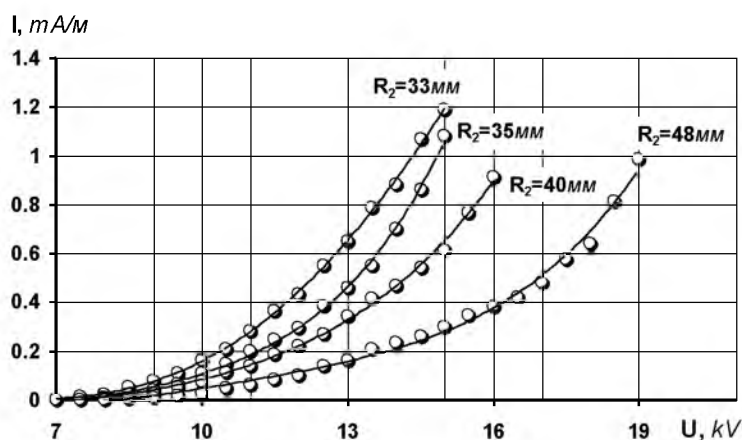


Рис. 4. Вольтамперные характеристики электрофильтра при различных значениях радиуса осадительного электрода ($R_1 = 0,175 \text{ мм}$)

Из графиков рисунка видно, что начальные напряжения коронного разряда практически мало зависят от межэлектродного расстояния. При дальнейшем повышении напряжения электрофилтры с осадительными электродами меньшего радиуса имеют большее значение плотности тока (для $R_2 = 48$ мм – $U_0 = 8$ кВ; при $U = 15$ кВ, $I = 0,31$ мА/м; для $R_2 = 33$ мм – $U_0 = 7,5$ кВ; при $U = 15$ кВ, $I = 1,18$ мА/м).

Заключение

Общий анализ рассмотренных вольтамперных характеристик позволяет сделать следующие выводы. Достаточно высокие и стабильные вольтамперные характеристики на модели сажевого электрофилтра могут быть получены оптимальным сочетанием радиуса и формы коронирующего электрода с размером межэлектродного промежутка. В зоне зарядки частиц двухзонного электрофилтра для обеспечения высокой плотности тока необходимо использовать коронирующие электроды минимального, по условиям механической прочности, радиуса либо игольчатые. В зоне осаждения частиц для получения максимального градиента напряженности поля используем коронирующие электроды наибольшего, по условию пробоя изоляции, радиуса. Использование же в данном случае игольчатых электродов приводит к образованию дуговых разрядов. Оптимальным вариантом для однозонного электрофилтра является применение цилиндрических коронирующих электродов.

Цилиндрические коронирующие электроды меньшего радиуса (менее 0,4 мм) и электроды с фиксированными точками разряда имеют лучшие вольтамперные характеристики, с точки зрения интенсификации коронного разряда. Однако для систем электродов сажевого электрофилтра, находящихся в потоке ОГ, предпочтительней являются гладкие коронирующие электроды с большим радиусом (более 0,5 мм), так как они обеспечивают устойчивость протекания коронного разряда при высоких значениях среднего пробивного градиента напряженности поля (7–11 кВ/см).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюкова, Е. М. Экологическая безопасность – направление стратегическое / Е. М. Дюкова // Автомобильный транспорт. – 1999. – № 4. – С. 40–42.
2. Морозов, К. А. Токсичность автомобильных двигателей / К. А. Морозов. – М.: Легион–Автодата, 2001. – 80 с.
3. Юшин, В. В. Техника и технология защиты воздушной среды: учеб. пособие для вузов / В. М. Попов, П. П. Куни. – М.: Высшая школа, 2005. – 391 с.
4. Уайт, Дж. Последние достижения в области электрогазоочистки в США. Применение сил электрического поля в промышленном и сельском хозяйстве / Дж. Уайт. – М.: ВНИИЭМ, 1964. – 273 с.
5. Перевезенцев, А. В. Электрическая очистка газов в цементной промышленности / А. В. Перевезенцев. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. – 112 с.
6. White, G. Industrial electrostatic precipitation. Pergamon press / G. White. – Oxford-London-Paris-Frankfurt, 1963. – 376 p.
7. Пирумов, А. И. Обеспыливание воздуха / А. И. Пирумов. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
8. Алиев, Г. М. Пылеулавливание в производстве огнеупоров. – М.: Металлургия, 1971. – 224 с.
9. Дымовые электрофилтры / И. П. Верещагин [и др.]; под ред. В. И. Левитова. – М.: Энергия, 1980. – 448 с.